

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-206983

(43)Date of publication of application : 12.08.1997

(51)Int.Cl.

B23K 35/26  
C22C 13/00

(21)Application number : 08-040446

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 02.02.1996

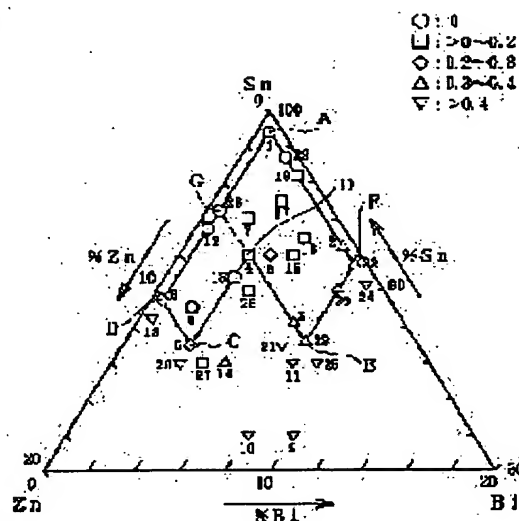
(72)Inventor : HANIYU KAZUTAKA

## (54) SOLDERING MATERIAL

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a soldering material without a fear of environmental pollution, having sufficient mechanical strength, and approximately showing the same melting temp. property as a conventional tin-lead soldering material.

SOLUTION: This soldering material is composed of, by wt., 0.5-10% zinc, 0.5-8% bismuth and substantially the balance tin (however, the chemical composition consisting of, by wt., >5% to <10% zinc, >3% to <8% bismuth and substantially the balance tin is excluded). Namely, the soldering material is specified to be the chemical composition within the area enclosed with line segments AB, BC, CD, DE, EF and FA.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 04.12.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 02.05.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-206983

(43) 公開日 平成9年(1997)8月12日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

B 2 3 K 35/26

C 2 2 C 13/00

識別記号

3 1 0

庁内整理番号

F I

B 2 3 K 35/26

C 2 2 C 13/00

技術表示箇所

3 1 0 A

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 13 頁)

(21) 出願番号

特願平8-40446

(22) 出願日

平成8年(1996)2月2日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 羽生 和隆

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

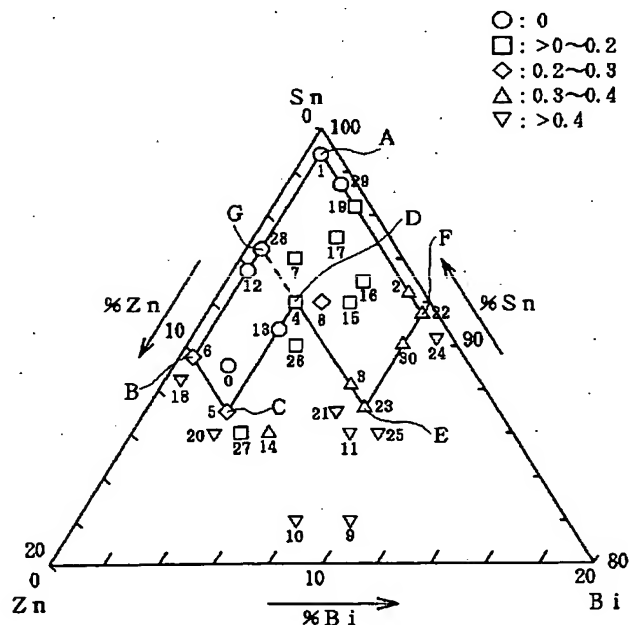
(74) 代理人 弁理士 逢坂 宏

(54) 【発明の名称】 はんだ材料

(57) 【要約】

【課題】 環境汚染のおそれがなく、機械的強度が充分で、かつ、従来の錫-鉛系はんだ材料と略同じ熔融温度特性を示すはんだ材料を提供すること。

【解決手段】 亜鉛が 0.5~10重量%、ビスマスが 0.5~8重量%、残部が実質的に錫からなる化学組成（但し、亜鉛が 5重量%を超え、10重量%未満であり、ビスマスが 3重量%を超え、8重量%未満であり、残部が実質的に錫からなる化学組成を除く。）とすること。即ち、はんだ材料を、線分 A B、線分 B C、線分 C D、線分 D E、線分 E F 及び線分 F A によって囲まれる領域の化学組成とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 亜鉛が 0.5~10重量%、ビスマスが 0.5~8重量%、残部が実質的に錫からなる化学組成（但し、亜鉛が 5重量%を超え、10重量%未満であり、ビスマスが 3重量%を超え、8重量%未満であり、残部が実質的に錫からなる化学組成を除く。）を有するはんだ材料。

【請求項 2】 請求項 1 に記載した化学組成のうちで、亜鉛が 5~10重量%、ビスマスが 0.5~3重量%、残部が実質的に錫からなる化学組成を有するはんだ材料。

【請求項 3】 請求項 1 に記載した化学組成のうちで、亜鉛が 0.5~5重量%、ビスマスが 0.5~8重量%、残部が実質的に錫からなる化学組成を有するはんだ材料。

【請求項 4】 示差走査熱量測定において、実質的に単一の吸収ピーク温度を示す、請求項 2 に記載したはんだ材料。

【請求項 5】 示差走査熱量測定において、複数の吸収ピーク温度を示す、請求項 3 に記載したはんだ材料。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、はんだ材料に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 産業が高度に発達し、電子機器産業においても電子回路素子の実装技術の高度化が進んでいるが、その電子回路素子の接合には、長期間に亘る使用によって特性、信頼性の評価を受けてきた錫と鉛とからなるはんだが依然として広く用いられている。

【0003】 鉛は、人体内に蓄積すると、手腕の伸筋麻痺、疝痛（腹部のさし込むような痛み）、鉛緑（歯茎の菌に接する部分に生じる暗緑色乃至青色の線状）、貧血等の鉛中毒症状が顕れ、人体に有害な物質である。

【0004】 近年、米国及び欧州を中心に、環境汚染の問題が指摘され、環境汚染に対する規制の法案化が活発に議論されている。更に、現実問題として、多量に発生する産業廃棄物、電気製品廃棄物（鉛を多量に含有するはんだが使用されている）も環境汚染の原因として指摘されている。

【0005】 そこで、鉛-亜鉛合金のはんだ（以下、鉛はんだと呼ぶ）の特性を具備する鉛はんだ代替材料の使用が望まれるのであるが、これ迄の代替材料は鉛はんだに較べて融点が高くなる傾向がある。この傾向は、接合（はんだ付け）しようとする電子部品に対して熱損傷させる問題に繋がる。また、高温ではんだ付けに耐え得る電子部品を開発しようすると、このような電子部品はコスト高になり、電子機器の製造コストが嵩むことになる。

【0006】 現状のはんだは、共晶組成の錫-鉛合金で、63重量%錫、37重量%鉛の組成であり、共晶温度は約 183℃である。従って、電子回路素子の実装では、で

きるだけ鉛はんだを用いての接合温度領域で利用できるはんだ材料が求められている。しかし、このようなはんだ材料として満足できるものは未だ開発されていないのが現状である。鉛を含まぬはんだ材料として種々のものがあるが、これらのうちで、例えば錫-銀系合金のはんだは、共晶温度が 221℃と高く、高価な銀を含有することでコスト高になる。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の目的は、上記の事情に鑑み、生体に無害で環境汚染のおそれがなく、かつ、現状の鉛はんだと略同等の温度で接合できるはんだ材料を提供することにある。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】 即ち、本発明は、亜鉛が 0.5~10重量%、ビスマスが 0.5~8重量%、残部が実質的に錫からなる化学組成（但し、亜鉛が 5重量%を超え、10重量%未満であり、ビスマスが 3重量%を超え、8重量%未満であり、残部が実質的に錫からなる化学組成を除く。）を有するはんだ材料に係るものである。

## 【0009】

【発明の実施の形態】 上記化学組成のうちで、亜鉛が 5から10重量%、ビスマスが 0.5~3重量%、残部が実質的に錫からなる化学組成を有するはんだ材料は、後述する示差走査熱量測定において、実質的に単一の吸収ピーク温度を示し、プリント配線板の実装に用いて特に好適である。

【0010】 前記化学組成のうちで、亜鉛が 0.5~5重量%、ビスマスが 0.5~8重量%、残部が実質的に錫からなる化学組成を有するはんだ材料は、前記の示差走査熱量測定において、複数の吸収ピーク温度を示し、融解温度範囲が広いことから、プリント配線板の実装以外の接合（例えばはんだ鋳（ごて）を使用してのはんだ付け）に接合作業が容易で好適である。

【0011】 なお、前記「はんだ材料」とは、前記組成の合金のみならず、この合金を構成する合金化前の単体やこれら単体の混合物をも含む概念である。

【0012】 また、前記「残部が実質的に錫からなる」とは、残部が錫及び不可避免的不純物からなることのみか、錫、亜鉛及びビスマス以外の少量の第三の元素の積極的な含有を排除するものではない。

## 【0013】

【実施例】 以下、本発明の実施例を説明する。

【0014】 はんだに求められる特性としては、熔融温度特性、機械的強度、はんだ付け性（被接合材に対する濡れ性）等の種々の特性が挙げられる。以下に、鉛を含まぬ錫-亜鉛-ビスマス三元系合金について、特に機械的強度及び熔融温度特性を主として検討した結果を説明する。本実施例では、機械的強度については脆さを特性値として検討した。熔融温度特性としては、鉛はんだの共晶温度が 183℃であることから、略 200±20℃に融点

があることを要件として検討した。

【0015】<はんだ試料の作製>純度99.999重量%  
(以下、重量%を単に%で表す)の粒状錫、純度99.99  
99%の粒状亜鉛及び純度99.9999%のビスマスのインゴ

ットを用い、下記表1に示す配合になるようにかつ全量  
が33gになるように秤量し、これらを容量5ccの坩堝に  
充填した。

【0016】

表1

試料 No.	配合比 (%)			試料 No.	配合比 (%)		
	S n	Z n	B i		S n	Z n	B i
0	89.0	9.0	2.0	18	88.5	11.0	0.5
1	99.0	0.5	0.5	19	96.5	0.5	3.0
2	92.5	0.5	7.0	20	86.0	11.0	3.0
3	88.0	5.0	7.0	21	87.0	6.0	7.0
4	92.0	5.0	3.0	22	91.5	0.5	8.0
5	87.0	10.0	3.0	23	87.0	5.0	8.0
6	89.5	10.0	0.5	24	90.5	0.5	9.0
7	94.0	4.0	2.0	25	86.0	5.0	9.0
8	92.0	4.0	4.0	26	90.0	6.0	4.0
9	82.0	8.0	10.0	27	86.0	10.0	4.0
10	82.0	10.0	8.0	28	94.5	5.0	0.5
11	86.0	6.0	8.0	29	97.5	0.5	2.0
12	93.5	6.0	0.5	30	90.0	2.0	8.0
13	91.0	6.3	3.0				
14	86.0	9.0	5.0				
15	92.0	3.0	5.0				
16	93.0	2.0	5.0				
17	95.0	2.0	3.0				

【0017】次に、磁性坩堝中の上記原料に対し、ノズルから3リットル/分の流量で窒素ガスを吹き付けながら大気中で溶融し、溶湯が均一組成になるように400℃に2〜3時間保持した後、鑄造によって棒状はんだ試料を作製した。

【0018】はんだ試料は、径が4〜6mm、長さが100mm程度になるように作製された金属製の鑄型に溶湯を注入し、作製されたものである。この注湯により、はんだの金属に対する濡れ性、広がり性を定性的であるが評価することができる。そのため、注湯時には鑄型を55±5℃の温度に保持した。また、この注湯後に、残りはんだ溶湯をセラミックス管に流し込んで凝固状態を観察した。

【0019】図4は、はんだ試料作製に供した鑄型を示し、同図(a)は断面図(同図(b)のa-a線断面図)、同図(b)は平面図である。

【0020】鑄型30は、金属製(この例では純鉄製)であり、一對の金型31、32からなり、鉛直に設けられた内径4〜6mm、長さ100mmのキャビティ34上に円錐形の受け口33が設けられて構成されている。キャビティ34の下端には、鑄型上面に開口する小径のガス抜孔35が設けられている。即ち、はんだ試料は、落とし込みの鑄造方案に

よって作製される。

【0021】鑄型への注湯により、通常は長さ100mmのはんだ試料が得られるのであるが、溶湯の組成によっては、流動性が悪くて長さが100mmに達しないことがある。亜鉛、ビスマスの含有量が多くなると、溶湯の流動性が悪くなる傾向が見られる。その数例を挙げると、試料No.16(93.0%Sn、2.0%Zn、5.0%Bi)及び試料No.17(95.0%Sn、2.0%Zn、3.0%Bi)のはんだ試料は長さが夫々70mm、試料No.9(82.0%Sn、8.0%Zn、10.0%Bi)のはんだ試料は長さが60mmであった。

【0022】<機械的強度>後述する溶融温度特性の検討結果から、ビスマスの添加によって溶融温度を下げられることが判ったが、その反面、軟鐵にビスマスを含有させると脆くなるという懸念がある。そこで、脆さの程度を調べるため、はんだ試料を鑿(たがね)で切断し、その破断面を観察する試験を行った。

【0023】即ち、図5に示すように、金数24上に載置したはんだ試料20を平鑿23によって切断する。このとき、図示しないハンマによる衝撃荷重は略一定になるようにする。

【0024】そして図6に示すように、切断したはんだ

試料の破断面を観察し、延性破壊した破面21の下側に現れる微細な凹凸面を呈する破面（脆性破面）部分22の幅  $L'$  とはんだ試料の径  $L$  との比  $L'/L$  を求めた。結果

は下記表2に示す通りである。

【0025】

表2

試料No.	$L'/L$	記号	試料No.	$L'/L$	記号
0	0.00	○	18	0.48	▽
1	0.00	○	19	0.07	□
2	0.36	△	20	0.42	▽
3	0.35	△	21	0.68	▽
4	0.18	□	22	0.39	△
5	0.24	◇	23	0.34	△
6	0.23	◇	24	0.74	▽
7	0.13	□	25	0.58	▽
8	0.29	◇	26	0.17	□
9	0.52	▽	27	0.17	□
10	0.68	▽	28	0.00	○
11	0.46	▽	29	0.00	○
12	0.00	○	30	0.36	△
13	0.00	○			
14	0.31	△			
15	0.17	□			
16	0.32	△			
17	0.08	□			

【0026】  $L'/L$  の値が小さい程脆さが軽微で機械的強度が良好であることを示している。表2には、 $L'/L$  が0に記号○を、 $>0\sim0.2$  に記号□を、 $0.2\sim0.3$  に記号◇を、 $0.3\sim0.4$  に記号△を、 $>0.4$  に記号▽を夫々付して表してある。

【0027】 図1は、表2に示した結果をはんだ試料の化学組成に関係づけて示すグラフである。図1中、表2に示した記号に付した数字は、試料No. を示している。

【0028】 図1から、脆さが軽微で機械的強度が良好な化学組成は、線分AB、線分BC、線分CD、線分DE、線分EF及び線分FAによって囲まれる領域に在ることが理解できる。但し、点Aは99.0% Sn、0.5% Zn、0.5% Biを、点Bは89.5% Sn、10.0% Zn、0.5% Biを、点Cは87.0% Sn、10.0% Zn、3.0% Biを、点Dは92.0% Sn、5.0% Zn、3.0% Biを、点Eは87.0% Sn、5.0% Zn、8.0% Biを、点Fは91.5% Sn、0.5% Zn、8.0% Biを夫々示す。なお、亜鉛及びビスマスの溶融温度特性を含めての総合的な良好な含有量の下限については、後に図2、図3、図10及び図11によって明らかにされる。

【0029】 表1の化学組成及び表2の結果から、ビスマス含有量を一定にしての亜鉛含有量による  $L'/L$  の変化及び亜鉛含有量を一定にしてのビスマス含有量による  $L'/L$  の変化を求めると、図2及び図3が得られ

る。

【0030】 図2から、ビスマス3.0%以下では、亜鉛が10.0%を超えると  $L'/L$  が急激に上昇して脆くなることが判る。また、ビスマスが3.0%を超えた組成では、亜鉛が3.0%を超えると  $L'/L$  が急激に上昇して脆くなることが判る。図3から、亜鉛が5.0%以下では、ビスマスが8.0%を超えると  $L'/L$  が急激に上昇して脆くなることが判る。また、亜鉛が5.0%を超えた組成では、ビスマスが3.0%を超えると  $L'/L$  が急激に上昇して脆くなることが判る。

【0031】 以上の結果から、好ましい亜鉛含有量の上限は、ビスマス3.0%以下では10.0%、ビスマスが3.0%を超えると5.0%である。また、好ましいビスマス含有量の上限は、亜鉛5.0%以下では8.0%、亜鉛が5.0%を超えると3.0%である。

【0032】 <溶融温度特性>示差走査型熱量計(DSC: Differential Scanning Calorimeter)を用いて各はんだ試料についての溶融温度特性を調べた。試験条件は以下の通りである。各はんだ試料から4~5mgを採取し、アルミニウム製容器中に密閉し、250℃迄5℃/分の速度で昇温させ、この温度に数分間保持してから同様の速度で降温させた。

【0033】 図7、図8は各はんだ試料のうちの試料No. 0.5 (87.0% Sn、10.0% Zn、3.0% Bi)、試料No.

15 (92.0% Sn、3.0% Zn、5.0% Bi) について、  
上記試験によって得られたチャート図である。

【0034】試料No.5は昇温時の吸収ピークが1つ観察されたが、試料No.15では吸収ピークが2つ観察された。吸収ピークの温度を $T_p$ とし、ピーク温度からベースライン（図には示されていない）に外挿して交わった点の固相温度に対応した温度を $T_s$ とし、反対側の液相

温度に対応した温度を $T_L$ とした。

【0035】各はんだ試料のDSCによる試験結果を纏めて下記表3に示す。表3中、記号○は吸収ピークが1つ観察されたことを表し、記号◎は吸収ピークが2つ観察されたことを表している。

【0036】

表3A

試料 No.	熔融温度特性 (°C)							記 号
	$T_{L1}$	$T_{p1}$	$T_{s1}$	$T_{L2}$	$T_{p2}$	$T_{s2}$	$T_{p2} - T_{p1}$	
0	198	196	194					○
1	228	227	223					○
2	222	218	209					○
3	192	189	186					○
4	195.8	194	191.3	206	200	—	6	◎
5	198	196	193					○
6	198	198	196					○
7	197	195	193	212	207	—	12	◎
8	205	193	189	209	205	197	12	◎
9	190	188	184					○
10	191	190	184					○
11	199	189	184					○
12	—	198	197	206	204	203	6	◎
13	196	195	192	204	200	202	5	◎
14	194	193	189					○
15	192	190	186	213	207	197	17	◎
16	191	189	184	217	213	202	24	◎
17	195	192	190	220	215	204	22	◎

【0037】

表3B

試料 No.	溶融温度特性 (°C)							記 号
	T <sub>L1</sub>	T <sub>P1</sub>	T <sub>S1</sub>	T <sub>L2</sub>	T <sub>P2</sub>	T <sub>S2</sub>	T <sub>P2</sub> -T <sub>P1</sub>	
18		198						○
19		222						○
20		195						○
21		188						○
22		217						○
23		188			206		18	◎
24		217			232		15	◎
25		187			205		18	◎
26		193						○
27		194						○
28		203			209		6	◎
29		222						○
30		192						○

【0038】図9は、表3に示した試験結果をはんだ試料の化学組成に関係づけて示すグラフである。図9中、表3に示した記号に付した数字は、試料No.を示している。

【0039】DSCで単一の吸収ピークを示すはんだは、溶融温度範囲が狭く、接合に際して加熱温度を比較的低くできることから、プリント配線板の実装に好適である。他方、DSCで2つの吸収ピークを示すはんだは、溶融温度範囲が広いことから、プリント配線板の実装以外の、例えばはんだ鍍（ごて）を使用しての接合に、作業が容易であって有利である。

【0040】従って、図9の線分GB、線分BC、線分CD、線分DGで囲まれた領域の化学組成を有するはんだは、プリント配線板の実装に特に好適である。図9中の点A、B、C、D、E、Fが示す化学組成は先に説明した通りである。図9中の点Gは、94.5% Sn、5.0% Zn、0.5% Biの化学組成を示す。なお、試料No.4、12、13、28は吸収ピークが2つであるが、いずれも吸収ピーク温度の差が小さく単一ピークを示す組成と見做して実質上何ら差支えはない。吸収ピーク温度の差は、試料No.4、試料No.12及び試料No.28で6℃、試料No.13で5℃である。

【0041】また、図9の線分AG、線分GE、線分EF、線分FAで囲まれた領域の化学組成を有するはんだは、プリント配線板の実装以外の種々の接合に用いるのに好適である。

【0042】表1の化学組成及び表3の結果から、ビスマス含有量を一定にしての亜鉛含有量による吸収ピーク温度T<sub>P1</sub>の変化及び亜鉛含有量を一定にしてのビスマス含有量による吸収ピーク温度T<sub>P1</sub>の変化を求めると、図

10及び図11が得られる。

【0043】図10、図11から、亜鉛、ビスマスはいずれも吸収ピーク温度を降下させる作用を示し、はんだによる接合を容易ならしめることが理解できる。亜鉛、ビスマス共に0.5%以下での上記作用が顕著であり、従って、亜鉛、ビスマスは共に0.5%以上含有することが有利である。

【0044】次に、本発明に基づくはんだを使用した例を説明する。

【0045】図12は、プリント配線板の実装工程を示すものである。まず、図12(A)のように、プリント配線板の絶縁基板2にスルーホール4を形成した後、スルーホールめっきによってスルーホール4を通じて基板2の表、裏に導電層（例えば銅パターン）5を形成する。

【0046】次いで、図12(B)のように、銅パターン5の周囲にはんだレジスト6を印刷で被着し、更に銅パターン5の酸化防止のためにプリフラックス7を塗布する。

【0047】次いで、図12(C)のように、基板2の裏面においてプリフラックス7上に、液状フラックス8を塗布する。この液状フラックスには、本出願人が先に特願平7-174121号として提案したフラックスのうち、フラックス剤としての水添ロジンエチルアミン塩10.0%、エチルアミン塩酸塩0.2%、溶媒としての水69.8%、イソプロピルアルコール20.0%の配合のものを用いた。この液状フラックスは、乾燥性、濡れ性が良好で、環境に及ぼす揮発性有機化合物の影響の少ないものである。

【0048】次に、図12(D)のように、スルーホール4の周囲の表側の面上にクリームはんだ（はんだペース

30

40

50



ト) 13を接着又はスクリーン印刷によって設ける。

【0049】次いで、図12(E)のように、抵抗やコンデンサ等の電子部品9のリード10を基板2の表側からスルーホール4に挿入し、基板2の裏側へ貫通させる。そして、この状態でクリームはんだ13を加熱してリフローし、図12(F)のように、はんだ11によってリード10をスルーホール4内に完全に固定し、電子部品9を基板2上にマウントする。はんだリフローには、遠赤外線輻射、レーザ加熱、VPS(Vapor Phase Soldering)等の適宜の手段が採用可能である。

【0050】このとき、レジスト6が存在しない領域では、はんだ11が銅パターン5と十分に合金化すると共に、レジスト6の領域ではフラックス中のフラックス剤12のみが部分的に残存する。

【0051】図13は、はんだ鍍を用いて端子と線材とを接合する要領を示すものである。

【0052】まず、図13(A)のように、予め線材17の先端部を露出させてこれを端子16に巻き付けておき、糸はんだ18及び加熱したはんだ鍍19を用意する。

【0053】次に、図13(B)のように、加熱したはんだ鍍19の先端を接合部の線材17に接触する。

【0054】次に、図13(C)のように、糸はんだ18の先端部を接合部の線材17又は端子16に押し付け、これを溶融する。

【0055】次に、図13(D)のように、適量のはんだが溶けたとき、糸はんだ18を素早く軸線方向に離し、次いではんだ鍍19を離脱させる。

【0056】そして、図13(E)のように、はんだが冷却して固化するのを待つ。この固化の時期は、はんだの光沢の変化によって判断できる。

【0057】図12、図13のいずれの例にあっても、はんだは脆くなく、また溶融温度特性も従来の錫-鉛合金のはんだと略同じであるので接合の信頼性が高い上に、有害な鉛を含有しないので環境汚染を起こすおそれがない。

【0058】以上、本発明の実施例を説明したが、本発明の技術的思想に基づいて前記の実施例に種々の変形を加えることができる。

【0059】例えば、本発明に基づくはんだ材料は、電気製品製造以外の種々の分野におけるはんだ付けに用いることができる。特に、人体に有害な鉛を含有しないことから、食品の缶詰の製造用として好ましく使用できる。

【0060】また、使用目的に応じて、錫の少量を錫、亜鉛、ビスマス以外の成分で置換した化学組成とし、この置換成分によって種々の特性の改善を図ることができる。

【0061】

【発明の作用効果】本発明に基づくはんだ材料は、亜鉛が0.5~10重量%、ビスマスが0.5~8重量%、残部が実質的に錫からなる化学組成(但し、亜鉛が5重量%を超え、10重量%未満であり、ビスマスが3重量%を超え、8重量%未満であり、残部が実質的に錫からなる化学組成を除く。)としているので、生体に有害な鉛を実質的に含有しないことから、環境汚染を起こすおそれがない。

【0062】その上、上記化学組成とすることにより、機械的強度が充分で、かつ、溶融温度特性が従来の錫-鉛系はんだ材料と略同じ程度であって接合が容易であるので、接合の信頼性が高い。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例によるはんだ試料の化学組成と機械的強度( $L'/L$ )との関係を示すグラフである。

【図2】同亜鉛含有量による機械的強度の変化を示すグラフである。

【図3】同ビスマス含有量による機械的強度の変化を示すグラフである。

【図4】同はんだ試料作製用鋳型を示し、同図(a)は断面図(同図(b)のa-a線断面図)、同図(b)は平面図である。

【図5】同はんだ試料の切断の要領を示す概略斜視図である。

【図6】同はんだ試料の切断面の拡大正面図である。

【図7】同はんだ試料のDSC試験の結果の一例を示すチャート図である。

【図8】同はんだ試料のDSC試験の結果の他の例を示すチャート図である。

【図9】同はんだ試料の化学組成とDSC試験における吸収ピーク出現数との関係を示すグラフである。

【図10】同亜鉛含有量によるDSC試験における吸収ピーク温度の変化を示すグラフである。

【図11】同ビスマス含有量によるDSC試験における吸収ピーク温度の変化を示すグラフである。

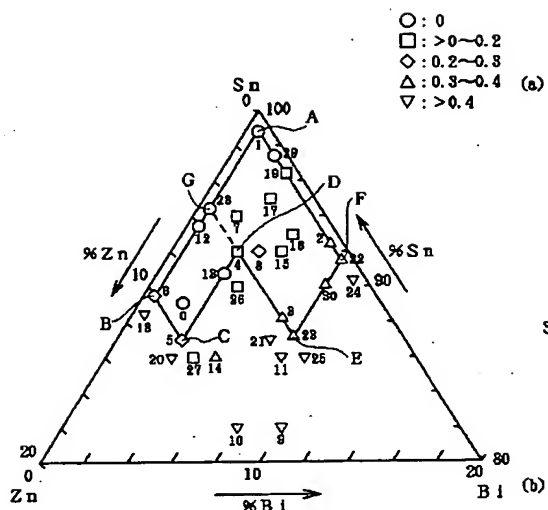
【図12】同プリント配線板の実装の手順を示す拡大部分断面図である。

【図13】同はんだ鍍を用いての端子と線材との接合の手順を示す斜視図である。

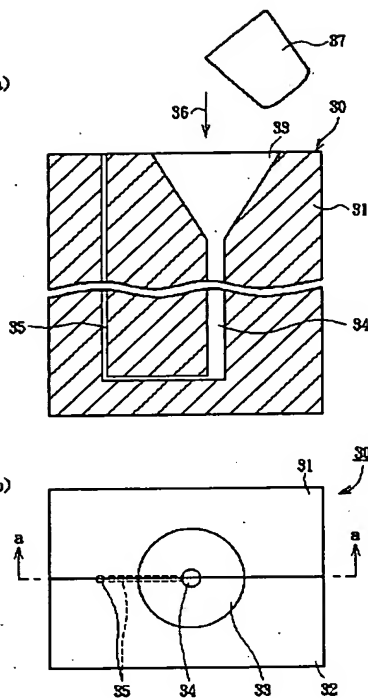
【符号の説明】

2…基板、4…スルーホール、5…銅パターン、6…レジスト、7…プリフラックス、8…液状フラックス、9…電子部品、10…リード、11、18…はんだ、13…クリームはんだ、16…端子、17…線材、19…はんだ鍍、20…はんだ試料、21…延性破面、22…脆性破面、23…平盤、24…金敷、30…鋳型、31、32…金型、34…キャビティ、 $L$ …はんだ試料の径、 $L'$ …脆性破面の幅、 $T_{PI}$ …吸収ピーク温度

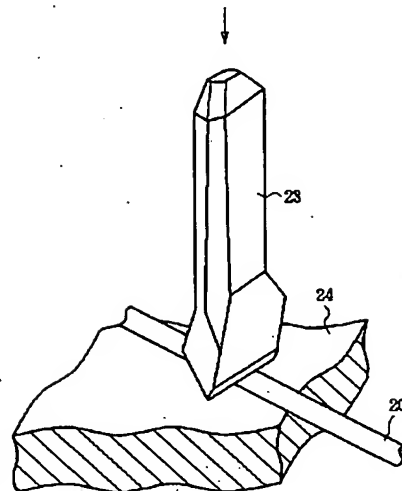
【図1】



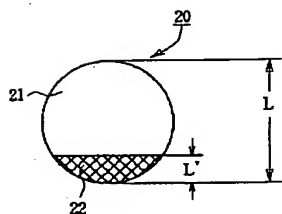
【図4】



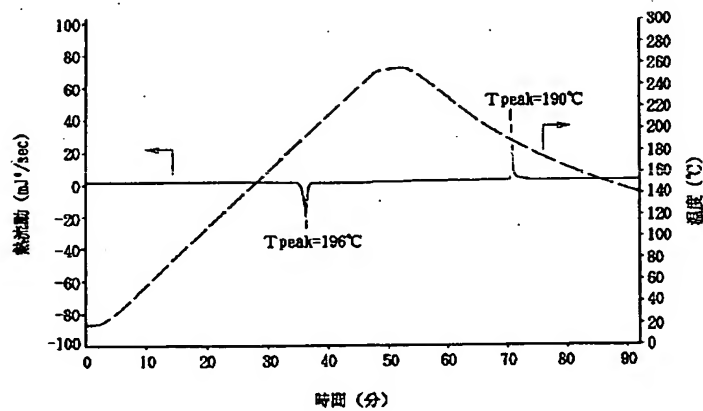
【図5】



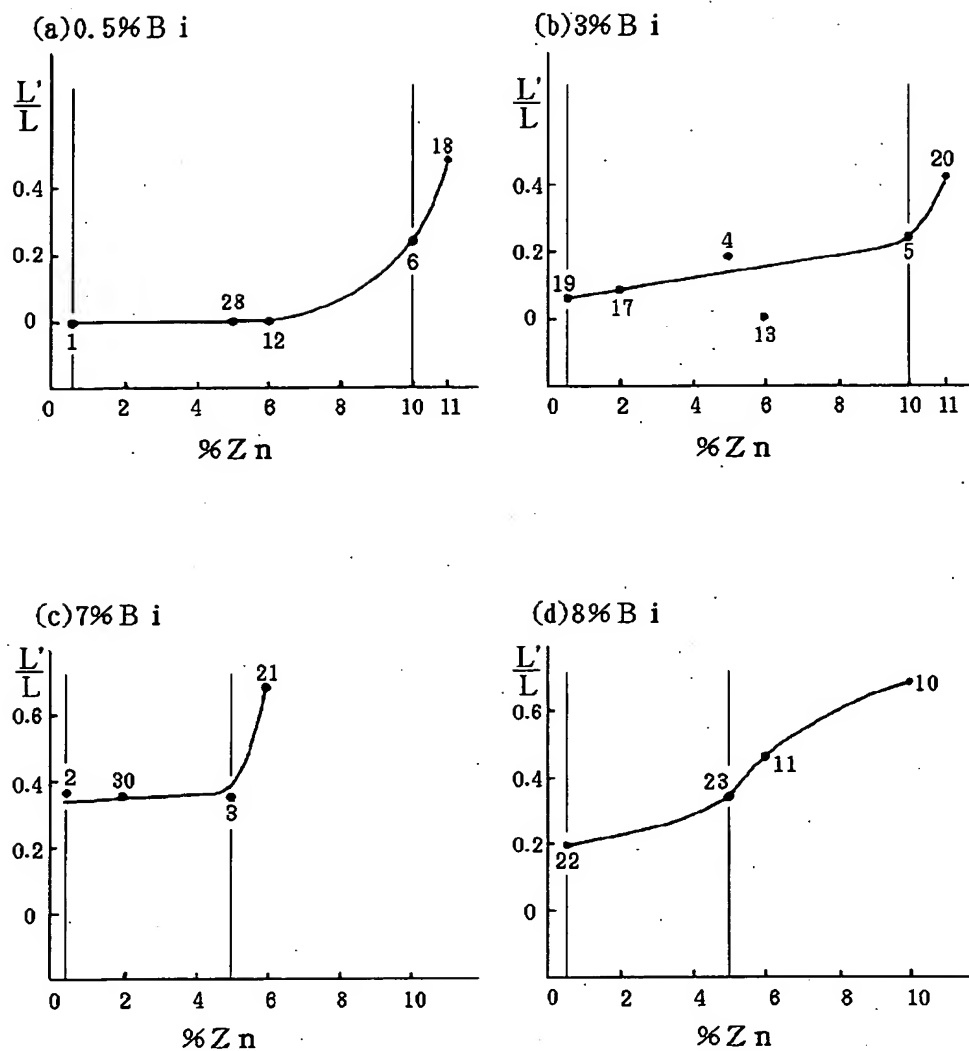
【図6】



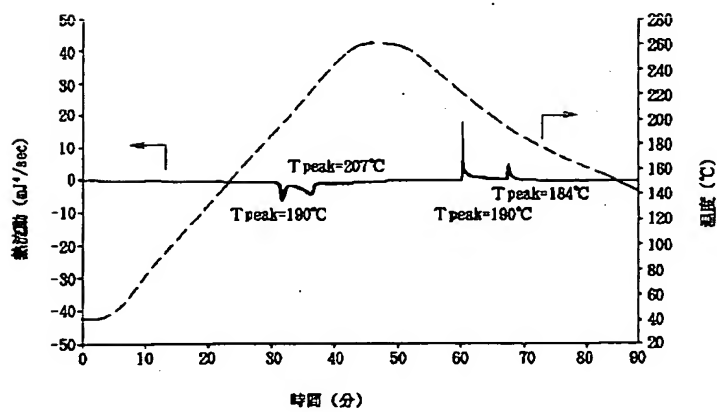
【図7】



【図2】

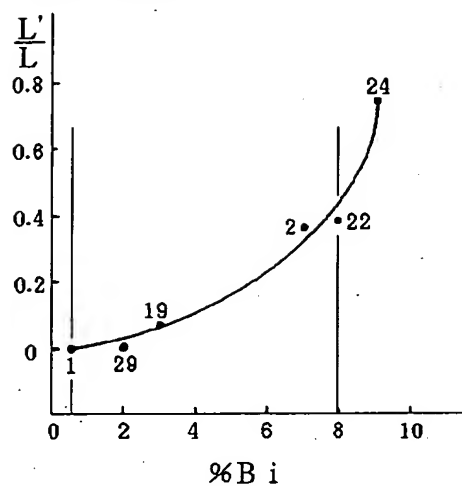


【図8】

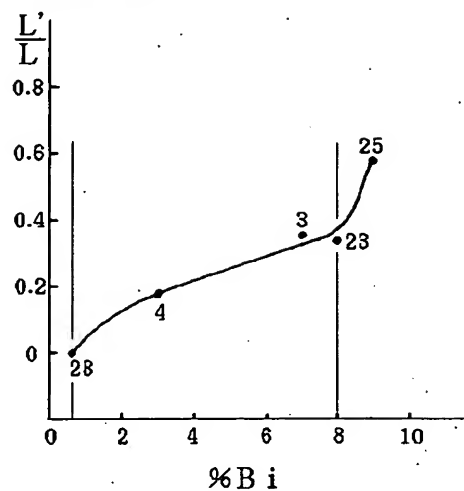


【図3】

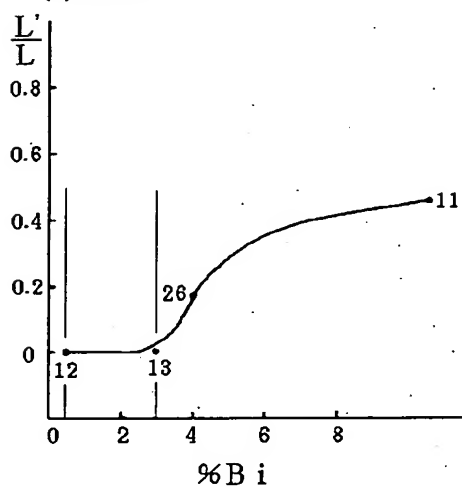
(a) 0.5% Zn



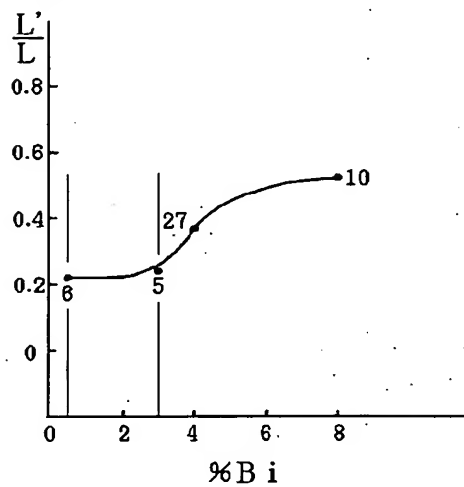
(b) 5% Zn



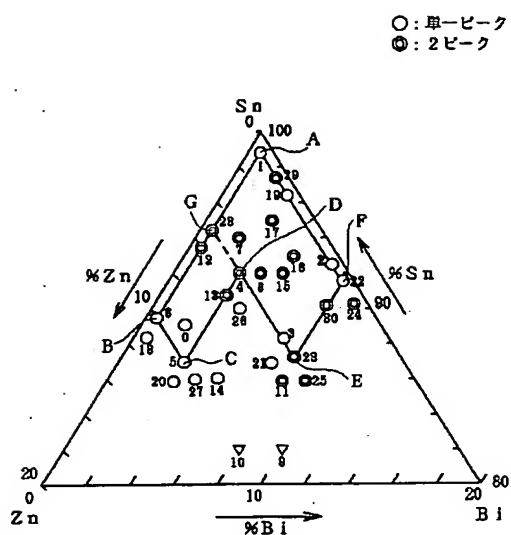
(c) 6% Zn



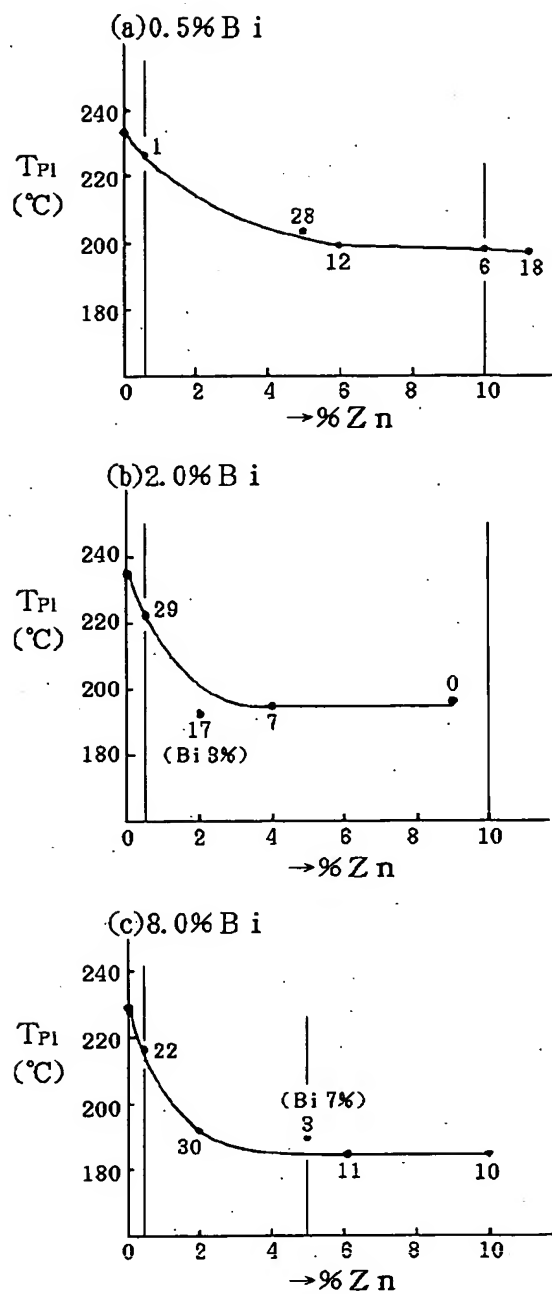
(d) 10% Zn



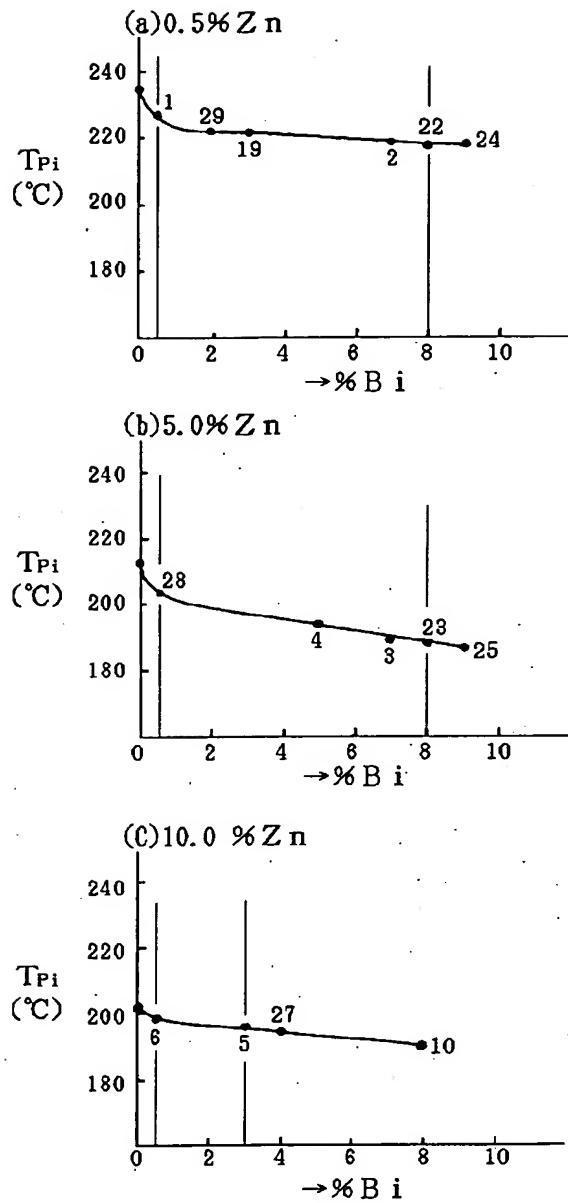
【図 9】



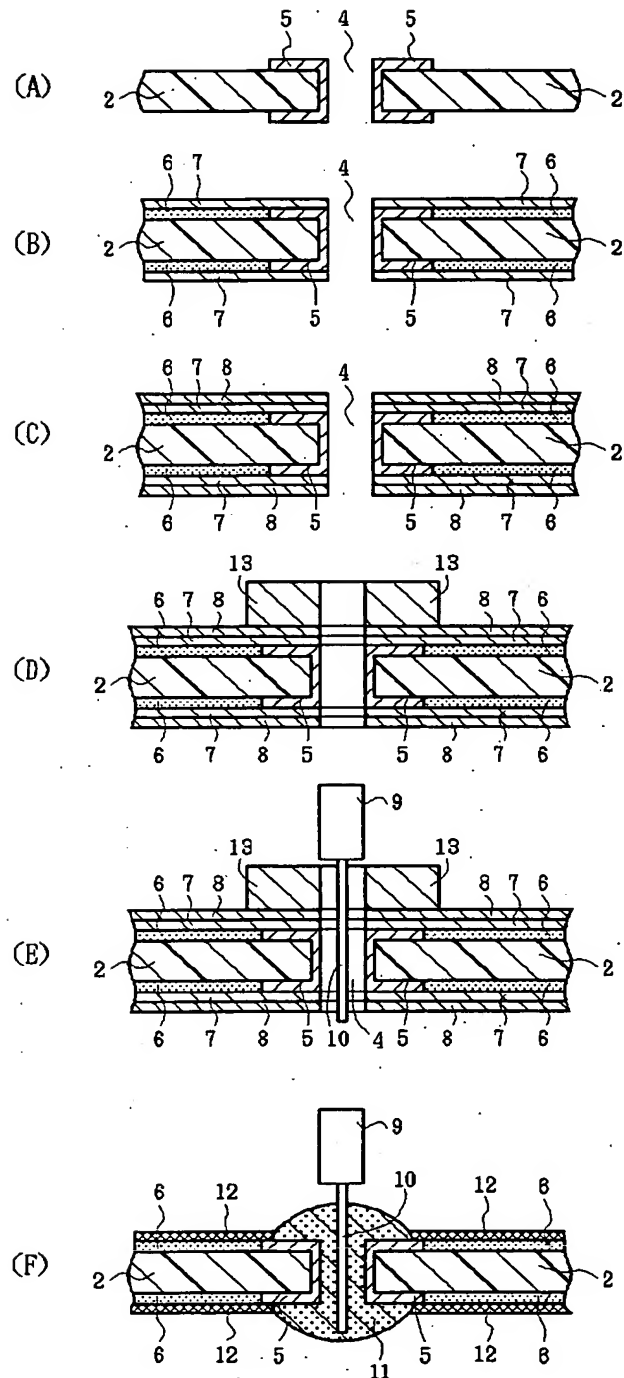
【図 10】



【図11】



【図12】



【図13】

